



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 010 939 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.06.2000 Patentblatt 2000/25

(51) Int. Cl.⁷: **F23D 11/36, F23D 14/46**

(21) Anmeldenummer: **98811230.6**

(22) Anmeldetag: **15.12.1998**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI
(71) Anmelder:
**ABB ALSTOM POWER (Schweiz) AG
5401 Baden (CH)**

(72) Erfinder:
**Keller, Jakob Prof. Dr.
5610 Wohlen (CH)**
(74) Vertreter: **Pöpper, Evamaria
ABB Business Services Ltd
Intellectual Property (SLE-I),
Haselstrasse 16 Bldg. 699
5401 Baden (CH)**

(54) **Brennkammer mit akustisch gedämpftem Brennstoffversorgungssystem**

(57) Bei einem Brenner (14) mit wenigstens einem Brennstoffversorgungssystem (15,16), durch welches dem Brenner (14) ein Brennstoffstrom (12) zugeführt wird, der zugeführte Brennstoff über Brennstoffdüsen eingedüst, und anschliessend in einer Brennkammer (11) verbrannt wird, wird in konstruktionstechnisch einfacher Weise die Ausbildung und Verstärkung von

Druckschwankungen in der Brennkammer dadurch verhindert, dass Mittel (17) vorgesehen sind, welche verhindern, dass in der Brennkammer auftretende periodische Druckschwankungen zu Schwankungen des Brennstoffstroms (12) im Brennstoffversorgungssystem (15,16) führen.

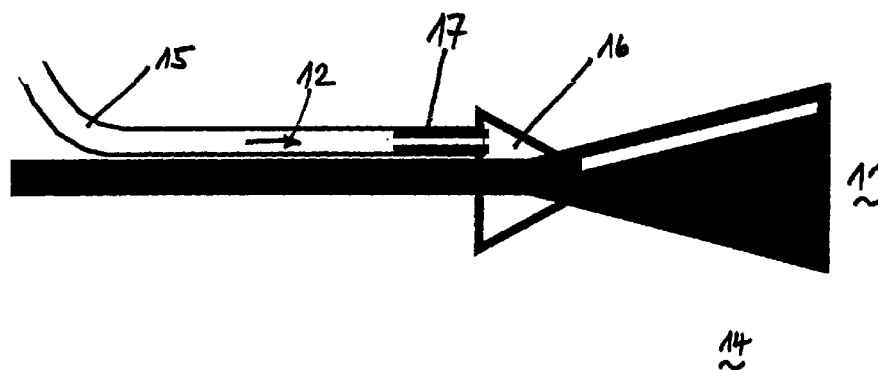


Fig. 3

EP 1 010 939 A1

Beschreibung**TECHNISCHES GEBIET**

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Brenner, insbesondere der Brenner zur Verwendung in Gasturbinen. Sie betrifft einen Brenner mit Brennstoffversorgungssystem, bei welchem das Brennstoffversorgungssystem Brennstoff zum Brenner transportiert, der Brennstoff im Brenner in eine Brennkammer eingedüst wird, wo der Brennstoff verbrannt wird.

10 **STAND DER TECHNIK**

[0002] Brenner von Gasturbinen dienen dazu, den Brennstoff und die Verbrennungsluft in kontrollierter Weise und regelbar in eine Brennkammer einzudüsen und dort den Brennstoff zu verbrennen. Die Brenner können dazu in unterschiedlichster Anordnung in der Wandung der Brennkammer eingelassen sein, und werden mittels eines Brennstoffversorgungssystems mit Brennstoff beschickt. Die Eindüsung des Brennstoffs im Brenner muss, um eine optimale Kontrolle des Verbrennungsvorganges in den verschiedenen Betriebszuständen der Turbine zu gewährleisten, regelbar und in möglichst optimaler Weise geschehen. Gerade die in neuerer Zeit immer strenger zu beachtenden Vorschriften bezüglich des Ausstosses von Verbrennungsprozessen machen dabei eine hochspezialisierte und komplizierte Eindüsung und Vermischung von Verbrennungsluft und Brennstoff im Brenner unabdingbar.

20 **[0003]** Aus der EP-B1-0 321 809 ist beispielsweise ein sogenannter Doppelkegelbrenner für flüssige und gasförmige Brennstoffe ohne Vormischstrecke bekannt geworden, bei welchem von aussen zugeführte Verbrennungsluft durch wenigstens zwei Eintrittsschlitze tangential zwischen verschoben angeordnete, hohle Halbkonusse eintritt und dort in Richtung der Brennkammer strömt, und bei welchem auf der der Brennkammer abgewandten, verjüngten Seite der Halbkonusse Brennstoff zentral oder aus Verteilkanälen, die den Lufteintrittsschlitzen entlang verlaufen, durch Bohrungsreihen quer in die eintretende Luft eingedüst.

25 **[0004]** Problematisch bei der Eindüsung des Brennstoffes und dessen anschliessender Verbrennung sind u.a. akustische Oszillationen, welche auch unter dem Begriff "singende Flamme" bekannt sind. Es handelt sich dabei meist um Oszillationen, welche aus dem Zusammenspiel von Einströmen des Verbrennungsgemisches und dem eigentlichen Verbrennungsprozess in der Brennkammer zustande kommen. Diese weitgehend kohärent periodischen Druckschwankungen können beispielsweise bei einem Brenner der obengenannten Art bei typischen Betriebsbedingungen zu akustischen Schwingungen mit Frequenzen von etwa 80 bis 100 Hz führen. Da diese Frequenzen mit typischen fundamentalen Eigenmoden von Brennkammern von Gasturbinen zusammenfallen können, stellen diese thermoakustischen Oszillationen ein Problem dar.

35 **DARSTELLUNG DER ERFINDUNG**

[0005] Der Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde, einen Brenner mit wenigstens einem Brennstoffversorgungssystem, durch welches dem Brenner ein Brennstoffstrom zugeführt wird, der zugeführte Brennstoff über Brennstoffdüsen eingedüst, und anschliessend in einer Brennkammer verbrannt wird, zur Verfügung zu stellen, welcher in der Lage ist, die Ausbildung und Verstärkung von periodischen Druckschwankungen in der Brennkammer wenigstens teilweise zu verhindern.

40 **[0006]** Diese Aufgabe wird bei einem Brenner der eingangs genannten Art gelöst, indem Mittel vorgesehen sind, welche verhindern, dass in der Brennkammer auftretende periodische Druckschwankungen zu Schwankungen des Brennstoffstroms im Brennstoffversorgungssystem führen. Die weitgehende Verhinderung der Ankopplung der periodischen Druckschwankungen an Schwankungen des Brennstoffstroms kann die unerwünschte, aufschaukelnde Verstärkung der Druckschwankungen durch den Brennstoffstrom in der Brennkammer verhindern. Insbesondere, wenn die in der Brennkammer auftretenden periodischen Druckschwankungen akustische Schwingungen sind, und ganz besonders, wenn diese im Bereich der akustischen Eigenschwingungen der Brennkammer liegen, sind solche Mittel von grossem Vorteil. Sind die Schwankungen des Brennstoffstroms im Brennstoffversorgungssystem periodisch, und

50 **[0007]** Eine erste bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel wenigstens ein erstes, unmittelbar stromaufwärts der Brennstoffdüsen angeordnetes Volumen umfassen, durch welches Volumen der Brennstoffstrom fliesst, und dass dieses erste Volumen stromaufwärts über eine erste Verengung mit dem weiter stromaufwärts angeordneten Brennstoffzufuhrsystem in Verbindung steht. Bevorzugt wird dabei dieses erste Volumen im wesentlichen kleiner als ein bestimmtes kritisches Volumen gewählt, und insbesondere weiterhin die Querschnittsfläche der ersten Verengung kleiner als eine bestimmte kritische Querschnittsfläche ausgebildet. Jede dieser

Massnahmen reduziert das Mass der Ankopplung der Druckschwankungen an die Schwankungen des Brennstoffstroms und die Massnahmen sind ausserdem ohne grossen konstruktionstechnischen Aufwand in gängigen Brennern einbau- oder sogar nachrüstbar.

[0008] Eine andere Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts der ersten Verengung ein zweites Volumen angeordnet ist, durch welches der Brennstoffstrom fliesst, und dass dieses zweite Volumen stromaufwärts über eine zweite Verengung mit dem weiter stromaufwärts angeordneten Brennstoffversorgungssystem in Verbindung steht. Diese Anordnung erlaubt die effektive Verhinderung der Ankopplung unter speziellen, im wesentlichen unveränderlichen Konstruktionsvorgaben des Brenners und des Brennstoffversorgungssystems.

[0009] Weitere Ausführungsformen des Brenners mit Brennstoffversorgungssystem ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

[0010] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Drossel zwecks Einführung der im weiteren verwendeten Terminologie;

Fig. 2 zeigt schematisch in a) eine Drossel mit vorgeschalteter Verengung und in b) eine Drossel vorgeschaltetem Volumen;

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Brenners des Typs EV17i der Anmelderin mit akustischen Dämpfungsmitteln im Brennstoffversorgungssystem;

Fig. 4 zeigt das Ankopplungsverhalten zwischen Druckschwankungen und Brennstoffstromschwankungen für einen Brenner des Typs EV17i der Anmelderin ohne akustische Dämpfungsmittel im Brennstoffversorgungssystem;

Fig. 5 und 6 zeigen das Ankopplungsverhalten zwischen Druckschwankungen und Brennstoffstromschwankungen für einen Brenner des Typs EV17i der Anmelderin mit verschiedenen akustischen Dämpfungsmitteln im Brennstoffversorgungssystem;

Fig. 7 zeigt schematisch eine Drossel mit zwei vorgeschalteten Volumina;

Fig. 8 zeigt schematisch einen Brenner des Typs EV18 der Anmelderin, wie er in einer Turbine des Typs GT26 der Anmelderin eingebaut ist, mit akustischen Dämpfungsmitteln im Brennstoffversorgungssystem; und

Fig. 9 zeigt das Ankopplungsverhalten zwischen Druckschwankungen und Brennstoffstromschwankungen für einen Brenner des Typs EV18 der Anmelderin, wie er in einer Turbine des Typs GT26 der Anmelderin eingebaut ist, mit akustischen Dämpfungsmitteln im Brennstoffversorgungssystem.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0011] Es zeigt sich, dass insbesondere beim Umschalten zwischen verschiedenen Betriebsmodi einer Gasturbine, wie zum Beispiel beim Umschalten zwischen Vormisch- und Pilotmodus, das Brennstoffversorgungssystem akustisch "weich" werden kann, d.h. dass sich Druckschwankungen in der Brennkammer auf den Fluss des Brennstoffs auswirken und damit eine wechselseitig aufschaukelnde Ankopplung stattfinden kann. Beim Umschalten kann das zu Druckschwankungen grosser Amplitude und damit zu lauten akustischen Schwingungen führen. Dies geschieht ganz besonders dann, wenn Injektoren beinahe geschlossen sind oder ein Leck aufweisen. Ohne Massnahmen zur akustischen Härtung des Brennstoffversorgungssystems kann es aber auch durchaus vorkommen, dass die Instabilitäten beinahe im ganzen Umschaltbereich kritisch sind. Fallen die Instabilitäten in ihrer Frequenz auch noch mit Eigenmoden von Brennkammern zusammen, so können diese akustischen Schwingungen zu einem ernsthaften Problem werden.

[0012] Die Möglichkeiten zur akustischen Härtung eines Brennstoffversorgungssystems sollen zunächst aufgrund einiger theoretischer Überlegungen rationalisiert und erläutert werden, anschliessend werden die technischen Ausführungsbeispiele anhand der Brenner EV17i und EV18 der Anmelderin geschildert.

[0013] Im einfachsten Fall kann das Brennstoffversorgungssystem in akustischer Hinsicht wie in Figur 1 dargestellt

als Drossel, d.h. als Öffnung 10 mit vernachlässigbarer Länge und Querschnittsfläche A_F angesehen werden, durch welche Brennstoff der Dichte ρ_F aus einem grossen Volumen beim Druck p_F in ein anderes grosses Volumen, die Brennkammer 11, beim Druck p_I strömt. Dabei wird angenommen, dass gilt: $p_F > p_I$. Ausserdem wird angenommen, dass das Brennstoffversorgungsvolumen einen konstanten Druck p_F aufweist, während der Druck im Injektionsraum p_I Schwankungen unterworfen sein kann. Aus den Gesetzen der Strömungslehre resultiert unter diesen Bedingungen folgende Beziehung zwischen Schwankungen des Druckes im Injektionsraum, Δp_I , und Schwankungen der Brennstoffinjektionsgeschwindigkeit Δu_F :

$$\Delta p_I = -\rho_F u_F \Delta u_F$$

[0014] Die Druckschwankungen im Injektionsraum wirken sich also in direkt linearer Weise auf Schwankungen der Brennstoffinjektionsgeschwindigkeit 12 aus und umgekehrt, d.h. es gibt eine direkte Ankopplung der beiden Grössen. Tatsächlich verhalten sich die Brennstoffversorgungssysteme der Gasturbinen der Typen GT24 und GT26 der Anmelderin im Bereich der Eigenmoden der Brennkammern, d.h. um Oszillationsfrequenzen von 100Hz herum entsprechend der obigen Gleichung. Als Folge stellen sich Instabilitäten im System bestehend aus Brennstoffversorgungssystem, Brenner und Brennkammer ein, sobald die Brennstoffinjektionsgeschwindigkeit 12 unter einen Wert von ungefähr 125 m/s fällt.

[0015] Kompliziertere Brennstoffversorgungssysteme lassen sich durch folgende Formel beschreiben:

$$\alpha(\omega) \Delta p_I = \rho_F u_F \Delta u_F,$$

wobei ω die Kreisfrequenz der periodischen Druckoszillationen und $\alpha = \alpha(\omega)$ eine komplexwertige Funktion der Kreisfrequenz ist, für deren Betrag gilt: $|\alpha(\omega)| \leq 1$. Folglich kann hier im Vergleich zu einfachen Injektionssystemen die kritische Brennstoffinjektionsgeschwindigkeit u_{FC} wenigstens auf den Wert $|\alpha(\omega)| u_{FC}$ reduziert werden. Eine Möglichkeit, beliebig kleine Werte für α bei jeder Oszillationsfrequenz zu erreichen, ist beispielsweise die Verwendung von Rückschlagventilen mit einer zweiten, stromaufwärts angeordneten Öffnung variabler Querschnittsfläche. In diesem Fall kann auch für sehr kleine Brennstoffinjektionsgeschwindigkeiten der Druckabfall über dem Brennstoffversorgungssystem minimal gehalten werden.

[0016] Es lässt sich nun zeigen, dass sich eine Brennstoffdüse der Querschnittsfläche A_F mit einer stromaufwärts angeordneten Brennstoffversorgungsleitung der Länge L und der Querschnittsfläche A_T , wie sie schematisch in Figur 2 a) dargestellt ist, zu einer akustischen Kopplung der Form

$$\Delta u_F = \frac{-\Delta p_I}{\rho_F u_F \left\{ 1 + \frac{A_F c_F^2}{A_T u_F} i \tan(\omega L / c_F) \right\}}$$

führt, wobei c_F die Schallgeschwindigkeit im Brennstoffgas darstellt. Die komplexwertige Responsefunktion $\alpha(\omega)$ ist somit gegeben durch

$$\alpha(\omega) = \frac{1}{\left\{ 1 + \frac{A_F c_F^2}{A_T u_F} i \tan(\omega L / c_F) \right\}},$$

und es ist leicht ersichtlich, dass eine solche Leitung zu einer perfekten akustischen Härtung des Brennstoffversorgungssystems führt, dies aber nur bei im Bereich der diskreten Frequenzwerte

$$\omega = (2N + 1) \frac{\pi c_F}{2L}, \text{ für ganzzahlige Werte von } N$$

[0017] Eine akustische Härtung in einem ganzen Frequenzbereich kann indes nur erreicht werden, wenn der Quotient

$$\frac{A_F c_F}{A_T u_F}$$

größenordnungsmässig kleiner oder gleich 1 ist. Folglich sollte in Anbetracht der Tatsache, dass die Machzahl $M = u_F/c_F$ für kritische Brennstoffeinspritzung typischerweise im Bereich von 0.25 bis 0.3 ist, die Querschnittsfläche A_T der Brennstoffleitung nicht mehr als 3 bis 4 Mal so gross wie die Querschnittsfläche A_F der Brennstoffdüse sein. Mit anderen Worten sollte die Brennstoffflussgeschwindigkeit in der Leitung wenigstens einen viertel bis einen drittel der Brennstoffinjektionsgeschwindigkeit u_{FC} in der Brennstoffdüse 10 ausmachen. Diese Forderung lässt sich aber leider in der Praxis meist nicht ohne gravierende Nachteile realisieren.

[0018] Ausserdem muss beachtet werden, dass jedes Volumen zwischen der Brennstoffleitung 15 und der Brennstoffdüse 10 klein sein muss im Vergleich zu einem kritischen Volumen V_{CRIT} , welches gegeben ist durch:

$$V_{CRIT} = \frac{A_F c_F^2}{\omega u_F}.$$

[0019] Normalerweise ist keine dieser Bedingungen erfüllt, wie folgendes Beispiel belegen soll: In Figur 3 ist ein Brenner des Typs EV17i der Anmelderin schematisch dargestellt, wie er z.B. in einer Gasturbine des Typs GT26 der Anmelderin eingebaut ist. Der Brennstoff wird über eine Brennstoffzufuhrleitung 15 dem Brenner 14 zugeführt. Die Leitung 15 mündet dabei zunächst in einen ringförmigen Verteilraum 16, von welchem aus Brennstoffverteilkäule der kegelförmigen Aussenfläche des Doppelkegelbrenners entlang verlaufen. Diese Verteilkäule weisen auf der dem Brenner zugewandten Seite eine Mehrzahl von Brennstoffdüsen 10 auf, durch welche der Brennstoff in den Brenner und damit in die Brennkammer 11 einströmen kann. Nimmt man für einen solchen Brenner typische Umschaltbedingungen an, so sieht man, dass das Volumen zwischen Brennstoffzufuhrleitung 15 und den Brennstoffdüsen 10, welches durch den ringförmigen Verteilraum 16 und die Verteilkäule gebildet wird und ca. 650 cm³ beträgt, das bei diesen Bedingungen kritische Volumen V_{CRIT} von 271 cm³ um mehr als einen Faktor 2 übertrifft. Ebenso ist der Durchmesser der Brennstoffzufuhrleitung 15 ca. 38mm, obwohl er nach obigem Kriterium nicht mehr als 21mm sein dürfte.

[0020] Eine einfache und mit kleinem konstruktionstechnischem Aufwand verbundene Möglichkeit der akustischen Härtung des vorgegebenen Aufbaus ist die Einführung eines Helmholtz-Volumens mit passender Querschnittsfläche A und Länge L zwischen die Brennstoffzufuhrleitung 15 und die Brennstoffdüsen 10, wie es in Figur 2b) schematisch dargestellt ist. Es ist dabei von grossem Vorteil, die Dimensionierung des Volumens und der Verengung derart einzustellen, dass wenigstens eine Resonanz des Brennstoffversorgungssystems mit der wichtigsten fundamentalen akustischen Eigenfrequenz der Brennkammer zusammenfällt.

[0021] Nimmt man für einen EV17i Brenner typische Umschaltbedingungen, wie sie in Tabelle 1 aufgelistet sind, und wie sie in einer Gasturbine des Typs GT26B auftreten, so lässt sich die Antwortfunktion $\alpha(\omega)$ berechnen.

Tabelle 1

Grösse	Einheit	Wert
Druck	bar	18
Düsenquerschnittsfläche	m ²	0.000111
Temperatur von Methan	K	323
Massenfluss von Methan	kg/s	0.167
Länge der Leitung	m	2
Durchmesser der Leitung	m	0.038
Länge des ersten Volumens	m	0.1

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Grösse	Einheit	Wert
Querschnittsfläche des ersten Volumens	m ²	6.5e-3

[0022] Der Dämpfungsfaktor $\alpha(\omega)$ (attenuation factor) als Funktion der Frequenz (frequency) der betrachteten Druckschwankungen für die in Tabelle 1 aufgelisteten Bedingungen ist in Figur 4 dargestellt. Ein Wert von $\alpha(\omega)=1$ als obere Grenze entspricht dabei einer normalen Drossel nach der schematischen Darstellung in Figur 1, und damit eine maximale Ankopplung der Druckschwankungen in der Brennkammer 11 an den Brennstofffluss, ein Wert von $\alpha(\omega)=0$ bedeutet, dass eine Druckschwankung Δp_i in der Brennkammer 11 nicht in der Lage ist, eine Änderung in der Brennstoffinjektionsgeschwindigkeit, Δu_F , zu bewirken. Man sieht in Figur 4, dass die Dämpfung nur in schmalen Bereichen um die Resonanzfrequenzen des Brennstoffzufuhrsystems auftritt. Aus Figur 4 wird ausserdem klar ersichtlich, dass insbesondere im Bereich der Eigenmoden der betrachteten Brennkammer, d.h. bei ca. 90 Hz, sich das Brennstoffzufuhrsystem wie eine einfache und beinahe völlig ungedämpfte Drossel verhält, und damit das Resonanzverhalten des Brennstoffversorgungssystems überhaupt nicht auf dasjenige der Brennkammer abgestimmt ist.

[0023] Führt man nun in die Brennstoffzufuhrleitung 15 eine Leitungsverengung 17, wie sie in Figur 3 ebenfalls dargestellt ist, ein, so verschiebt und verbreitert sich die Resonanzfrequenz des Brennstoffversorgungssystems in den Bereich von 90 bis 100Hz und der minimale Wert von α bei dieser Frequenz auf ca. 0.35-0.4. Dies bei einfacher Verwendung eines Einschubs 17 (oder einer andersartig bewirkten Verengung in der Leitung) von 300mm Länge und einem Innendurchmesser von 21mm. Eine weitere Verbesserung lässt sich mit den in Tabelle 2 gegebenen Werten erzielen, indem man die Länge des Einschubs 17 von 300mm auf 500mm erhöht und zusätzlich das erste Volumen von 650cm³ auf 400cm³ reduziert.

Tabelle 2

Grösse	Einheit	Wert
Druck	bar	18
Düsenquerschnittsfläche	m ²	0.000111
Temperatur von Methan	K	323
Massenfluss von Methan	kg/s	0.167
Länge der Leitung	m	0.5
Durchmesser der Leitung	m	0.021
Länge des ersten Volumens	m	0.1
Querschnittsfläche des ersten Volumens	m ²	4.0e-3

[0024] Das Absorptionsprofil für die Werte aus Tabelle 2 ist Figur 5 dargestellt. Im wesentlichen verändert sich durch diese weiteren Massnahmen der minimale Wert von α bei der Frequenz von 90 bis 100Hz auf einen Wert von 0.2, was einer Verdoppelung der Absorptionseffizienz im Vergleich zum ersten Beispiel entspricht.

[0025] Eine weitere Verbesserung lässt sich mit den Werten aus Tabelle 3 erzielen, indem nämlich die Länge der Verengung 17 nochmals verdoppelt und das Volumen nochmals halbiert wird.

Tabelle 3

Grösse	Einheit	Wert
Druck	bar	18
Düsenquerschnittsfläche	m ²	0.000111
Temperatur von Methan	K	323
Massenfluss von Methan	kg/s	0.167
Länge der Leitung	m	1
Durchmesser der Leitung	m	0.021

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Grösse	Einheit	Wert
Länge des ersten Volumens	m	0.05
Querschnittsfläche des ersten Volumens	m ²	2.0e-3

[0026] Das resultierende Absorptionsprofil ist in Figur 6 dargestellt, es weist im Resonanzbereich von 90 bis 100Hz eine Absorption von bemerkenswerten 90% im Vergleich zur einfachen Drossel auf.

[0027] Als weiteres Ausführungsbeispiel soll die akustische Härtung eines Brenners des Typs EV18 der Anmelderin, wie er in einer Gasturbine des Typs GT26 eingebaut ist, dienen. In einer solchen Gasturbine wird, wie in Figur 8 bereits mit akustischer Härtung dargestellt, der Brennstoff über ringförmige Brennstoffverteilungen 18, welche die ringförmig in der Ringbrennkammer der Turbine angeordneten Brenner gemeinsam versorgen, dem Brenner 14 zugeführt. Von der ringförmigen Brennstoffverteilung 18 zweigt über eine zweite Verengung 19 der Brennstoff ab und tritt in ein Volumen, welches normalerweise von den Volumina 20 und 22 ohne die in der Figur 8 angegebene Trennwand 23 und die erste Verengung 21 gebildet wird. Der Brennstoff wird durch die Brennstoffverteilkäule 22 entlang des Kegels des Brenners 14 geführt und tritt durch die Brennstoffdüsen 10 in die Brennkammer 11, wo er mit Verbrennungsluft vermischt wird. Hier muss nun aus praktischen Gründen eine Lösung zur akustischen Härtung gefunden werden, bei welcher das Brennstoffverteilsystem so wenig wie möglich verändert werden muss. Dies geschieht am einfachsten durch die Anordnung von zwei, der Brennstoffdüse 10 vorgeschaltete und über zwei Verengungen mit der Brennstoffzufuhrleitung in Verbindung stehende Volumina, wie es schematisch in Figur 7 dargestellt ist. Eine mögliche technische Realisierung ist in Figur 8 dargestellt. Eine Trennwand 23 trennt das grosse Volumen in die Brennstoffverteilkäule 22 und ein zweites Volumen 20 auf, und eine um den Brenner herumgewickelte, als Leitung ausgebildete Verengung 21 verbindet die beiden Volumina. Wählt man als erste Verengung 21 eine Leitung von 1.2m Länge und 20mm Innendurchmesser und typische Umschaltbedingungen in einer solchen Gasturbine, wie sie in Tabelle 4 dargestellt sind, so erhält man die Absorptionscharakteristik in Figur 9.

Tabelle 4

Grösse	Einheit	Wert
Druck	bar	18
Düsenquerschnittsfläche	m ²	9.08e-5
Temperatur von Methan	K	323
Massenfluss von Methan	kg/s	0.133
Länge der zweiten Verengung	m	0.04
Querschnittsfläche der zweiten Verengung	m ²	0.000314
Zweites Volumen	m ³	0.0015
Länge der ersten Verengung	m	1.2
Querschnittsfläche der ersten Verengung	m ²	0.000314
Erstes Volumen	m ³	0.00015

[0028] Wie aus Figur 9 ersichtlich, erreicht man mit dieser Anordnung und Dimensionierung von zwei hintereinandergeschalteten Volumina eine perfekte Dämpfung der akustischen Kopplung bei der Eigenfrequenz der Brennkammer von ca. 90Hz mit einer beachtlichen Breite der Resonanzbedingung, bei ca. ± 30 Hz Abweichung von der Resonanzbedingung werden nämlich immer noch 2/3 absorbiert.

BEZEICHNUNGSLISTE

[0029]

- 10 Brennstoffdüse
- 11 Brennkammer
- 12 Brennstoffinjektionsgeschwindigkeit, Brennstoffstrom

- 13 erstes Volumen
- 14 Brenner
- 15 Brennstoffzufuhrleitung
- 16 ringförmiger Verteilraum
- 5 17 Leitungsverengung
- 18 ringförmige Brennstoffverteilung
- 19 zweite Verengung
- 20 zweites Volumen
- 21 erste Verengung
- 10 22 Brennstoffverteilkanal, erstes Volumen
- 23 Trennwand

Patentansprüche

- 15 1. Brenner (14) mit wenigstens einem Brennstoffversorgungssystem (15,16,18,20,22), durch welches dem Brenner (14) ein Brennstoffstrom (12) zugeführt wird, der zugeführte Brennstoff über Brennstoffdüsen (10) eingedüst, und anschliessend in einer Brennkammer (11) verbrannt wird, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (17,21,23) vorgesehen sind, welche verhindern, dass in der Brennkammer auftretende periodische Druckschwankungen zu Schwankungen des Brennstoffstroms (12) im Brennstoffversorgungssystem (15,16,18,20,22) führen.
- 20 2. Brenner (14) mit Brennstoffversorgungssystem (15,16,18,20,22) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die in der Brennkammer (11) auftretenden periodischen Druckschwankungen akustische Schwingungen sind, und dass diese im Bereich der akustischen Eigenschwingungen der Brennkammer (11) liegen.
- 25 3. Brenner (14) mit Brennstoffversorgungssystem (15,16,18,20,22) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwankungen des Brennstoffstroms (12) im Brennstoffversorgungssystem (15,16,18,20,22) periodisch sind, und dass insbesondere die Frequenz dieser periodischen Schwankungen des Brennstoffstroms (12) im Bereich der akustischen Eigenschwingungen der Brennkammer (11) liegt.
- 30 4. Brenner (14) mit Brennstoffversorgungssystem (15,16,18,20,22) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel wenigstens ein erstes, unmittelbar stromaufwärts der Brennstoffdüsen (10) angeordnetes Volumen (16,22) umfassen, durch welches Volumen (16,22) der Brennstoffstrom (12) fliesst, und dass dieses erste Volumen (16,22) stromaufwärts über eine erste Verengung (17,21) mit dem weiter stromaufwärts angeordneten Brennstoffzufuhrsystem (15,18,20) in Verbindung steht.
- 35 5. Brenner (14) mit Brennstoffversorgungssystem (15,16,18,20,22) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Volumen (16,22) kleiner ist als ein kritisches Volumen (V_{crit}), und dass das kritische Volumen (V_{crit}) näherungsweise gegeben ist als der Quotient aus dem Produkt der Querschnittsfläche (A_F) der Öffnung der Brennstoffdüse (10) und dem Quadrat der Schallgeschwindigkeit (c_F) im ersten Volumen (16,22), und dem Produkt der Kreisfrequenz (ω) der akustischen Schwingung und der Strömungsgeschwindigkeit (u_F) des Brennstoffstroms (12).
- 40 6. Brenner (14) mit Brennstoffversorgungssystem (15,16,18,20,22) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Verengung (17,21) eine Querschnittsfläche (A_T) aufweist, welche im wesentlichen kleiner oder gleich dem Produkt aus der Querschnittsfläche (A_F) der Brennstoffdüse (10) und inverser Machzahl ($1/M=c_F/u_F$) ist.
- 45 7. Brenner (14) mit Brennstoffversorgungssystem (15,16,18,20,22) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Dimensionierungen von erstem Volumen (16,22) und erster Verengung (17,21) derart gewählt sind, dass eine Resonanz der Absorption des Brennstoffversorgungssystems im wesentlichen im Bereich der Eigenmoden der Brennkammer (11) liegt.
- 50 8. Brenner (14) mit Brennstoffversorgungssystem (15,16,18,20,22) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Volumen (16) durch einen ringförmigen Verteilraum und durch stromabwärts davon angeordnete, wenigstens teilweise ausserhalb des Brenners (14) verlaufende Verteilkanäle gebildet wird, und dass der Brennstoff aus den Verteilkanälen durch die Brennstoffdüsen (10) in die Brennkammer (11) strömt.
- 55

9. Brenner (14) mit Brennstoffversorgungssystem (15,16,18,20,22) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Verengung (17) durch einen röhrenförmigen Einschub in eine stromaufwärts des ersten Volumens (16) angeordnete Brennstoffzufuhrleitung (15) oder durch einen verjüngten Leitungsabschnitt zwischen der Brennstoffzufuhrleitung (15) und dem ersten Volumen (16) gebildet wird.

5

10. Brenner (14) mit Brennstoffversorgungssystem (18,20,22) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts der ersten Verengung (21) ein zweites Volumen (20) angeordnet ist, durch welches der Brennstoffstrom (12) fließt, und dass dieses zweite Volumen (20) stromaufwärts über eine zweite Verengung (19) mit dem weiter stromaufwärts angeordneten Brennstoffzufuhrsystem (18) in Verbindung steht.

10

11. Brenner (14) mit Brennstoffversorgungssystem (15,16,18,20,22) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Dimensionierungen von erstem Volumen (22) und zweitem Volumen (20) und erster Verengung (21) und zweiter Verengung (19) derart gewählt sind, dass eine Resonanz der Absorption des Brennstoffversorgungssystems im wesentlichen im Bereich der Eigenmoden der Brennkammer (11) liegt.

15

12. Brenner (14) mit Brennstoffversorgungssystem (18,20,22) nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Verengung (21) als Leitung geringen Querschnitts ausgebildet ist, welche das erste Volumen (22) mit dem vom ersten Volumen (22) mit einer Trennwand (23) abgetrennten zweiten Volumen (20) verbindet.

20

25

30

35

40

45

50

55

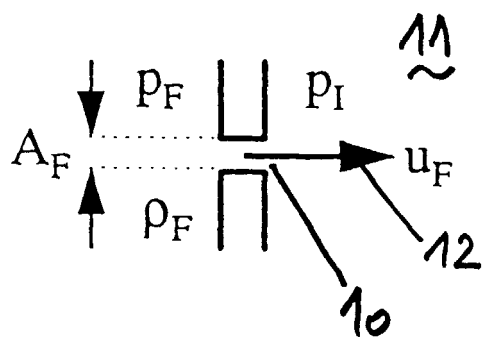


Fig. 1

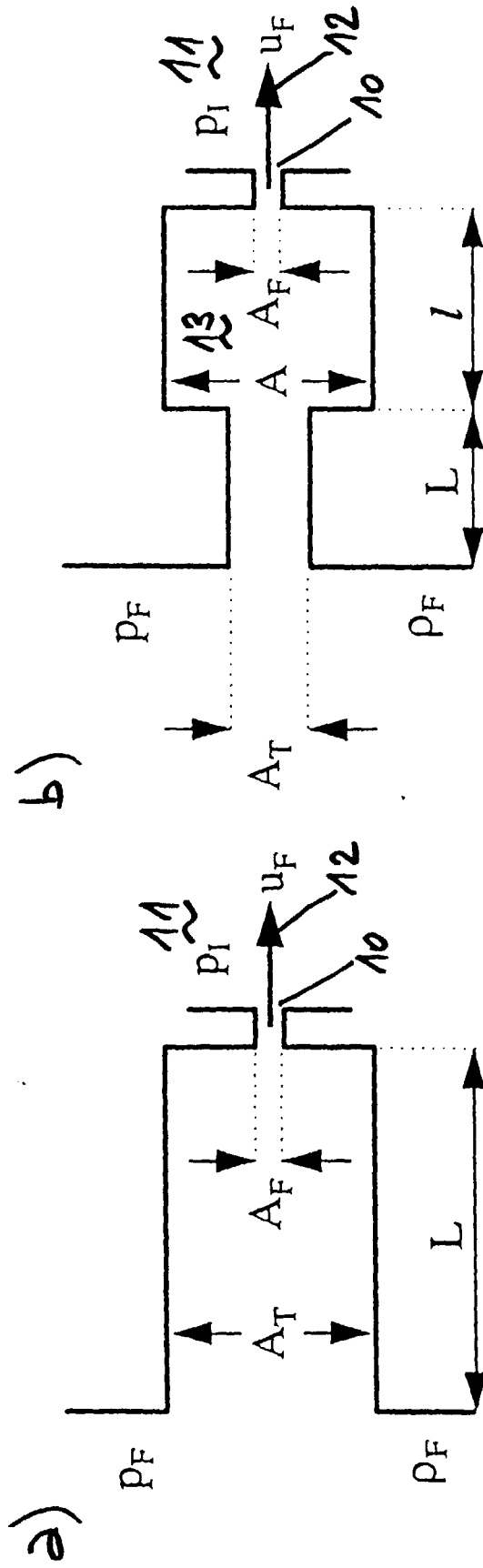


Fig. 2

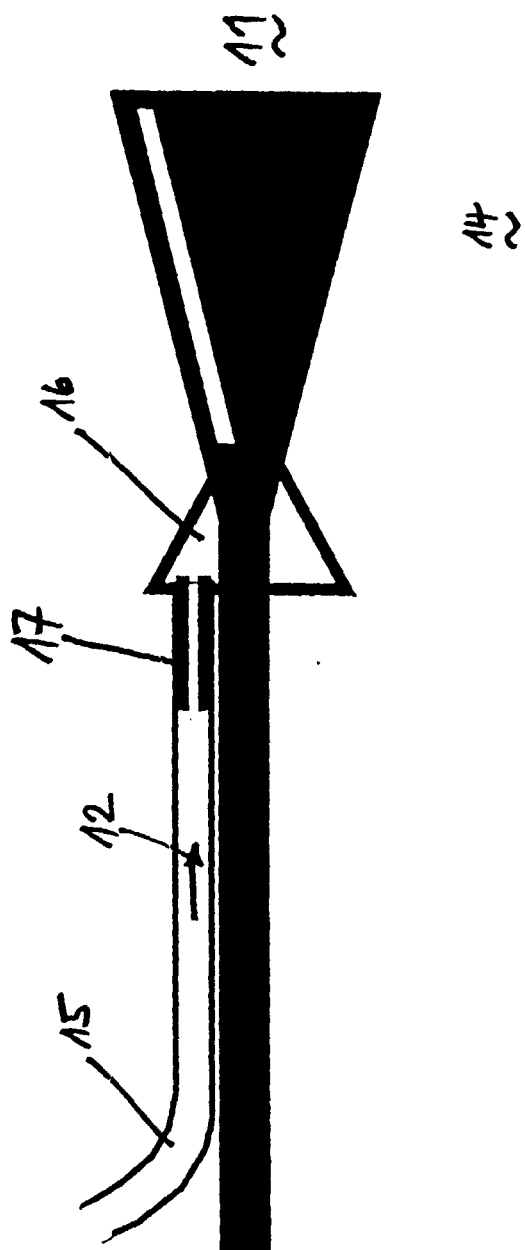


Fig. 3

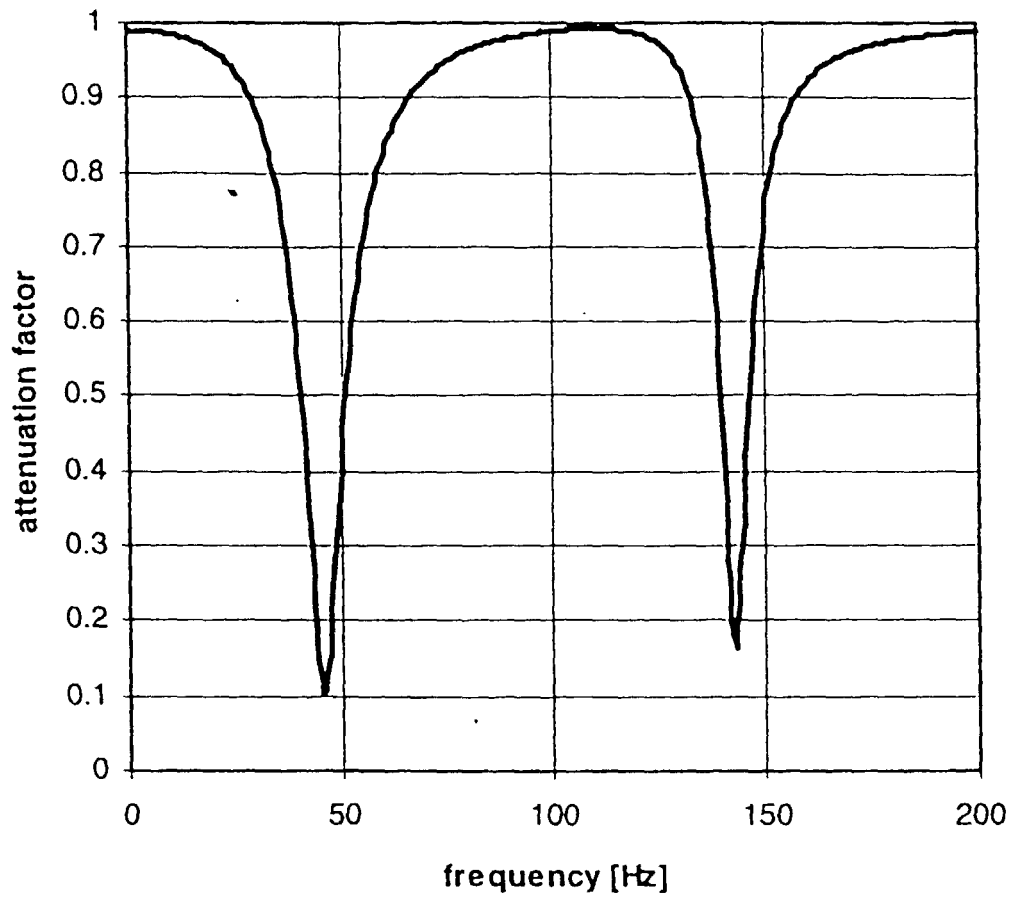


Fig. 4

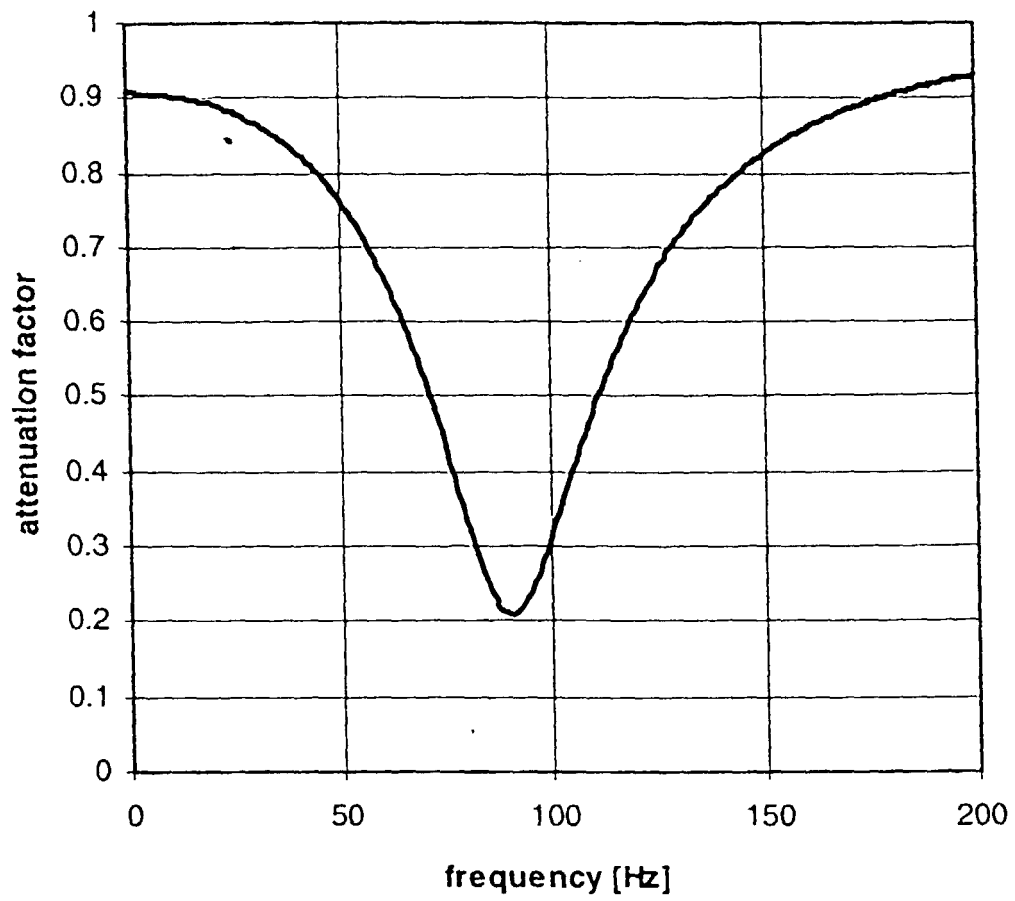


Fig. 5

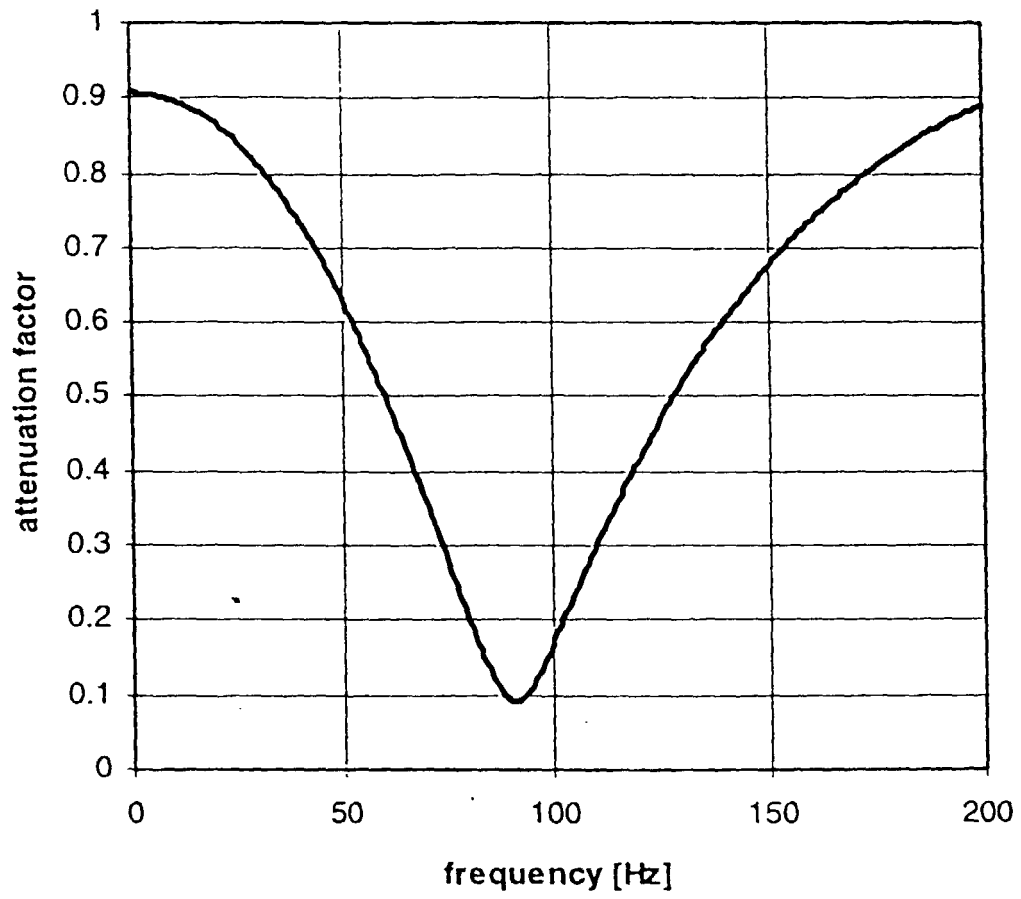


Fig. 6

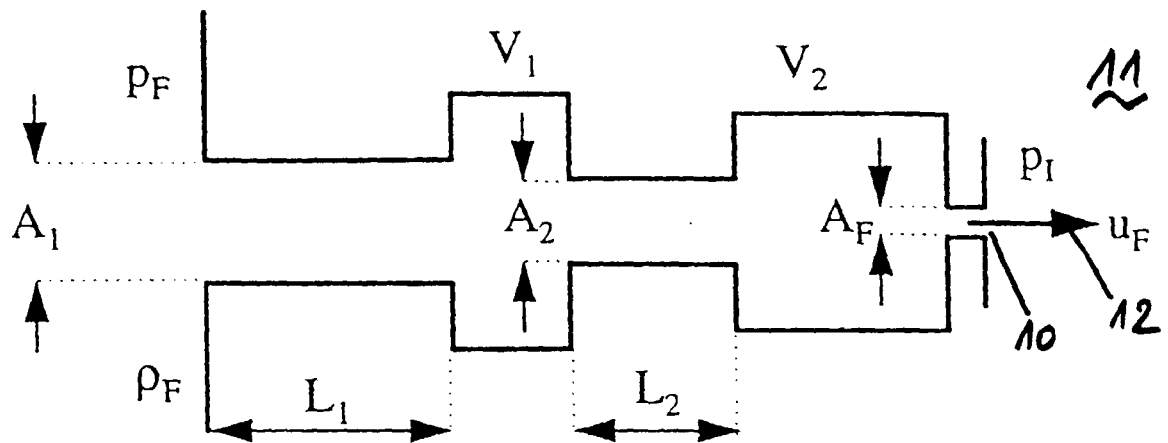


Fig. 7

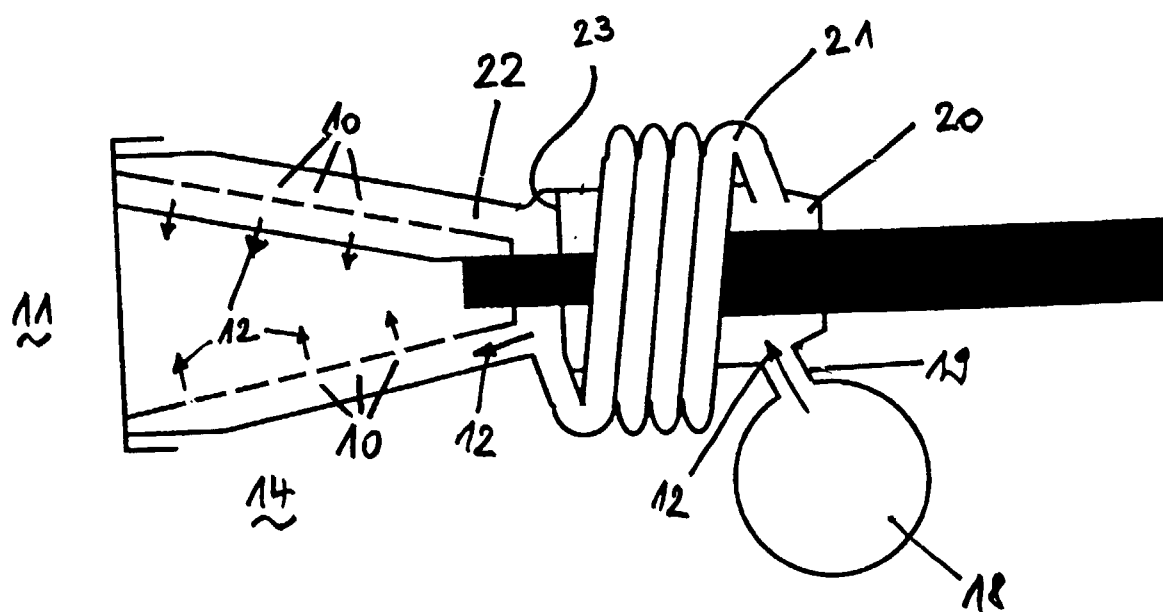


Fig. 8

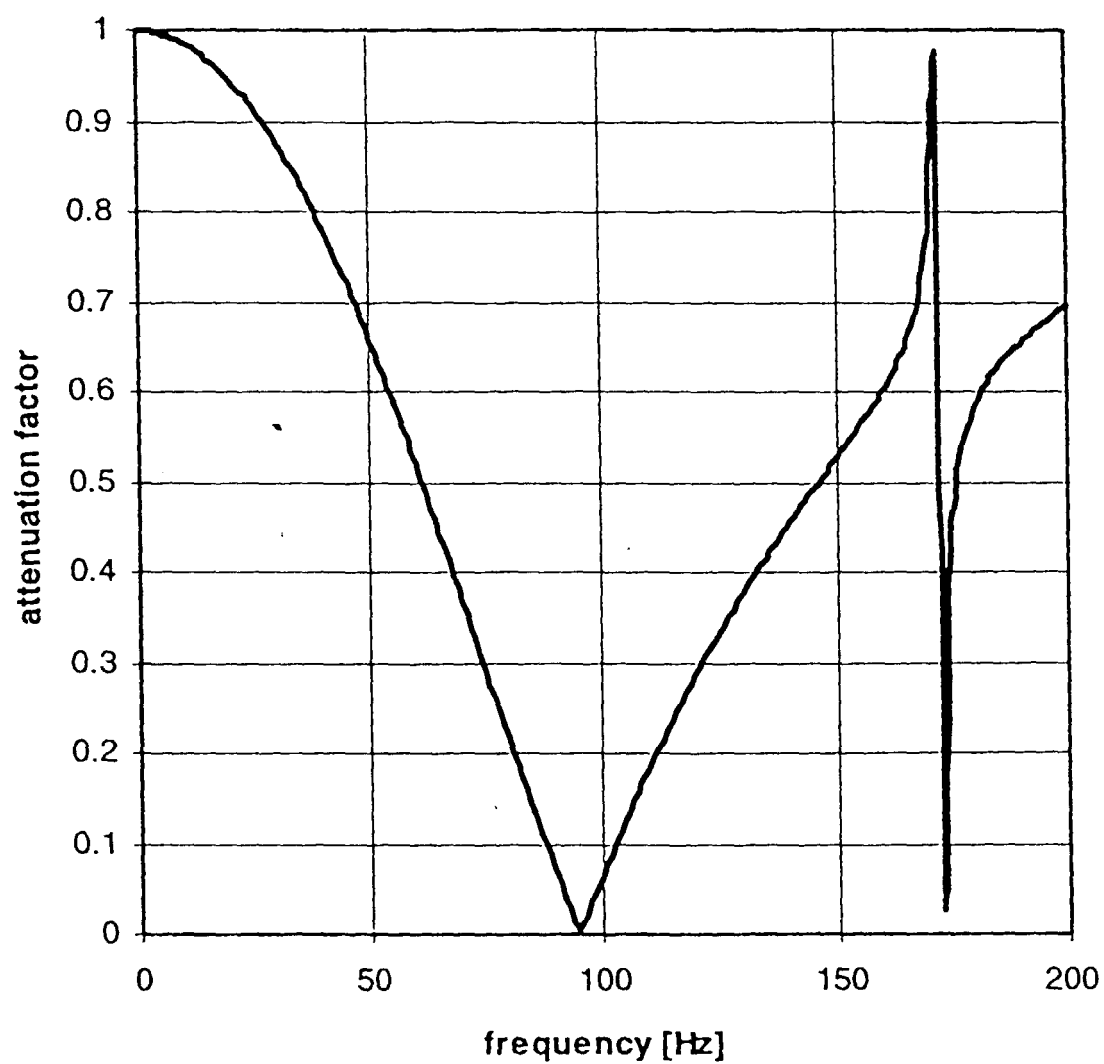


Fig. 9



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 81 1230

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE		
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch
X A	WO 93 10401 A (SIEMENS AG) 27. Mai 1993 * Seite 1, Zeile 1 - Zeile 27 * * Seite 2, Zeile 35 - Seite 3, Zeile 21 * * Seite 6, Zeile 23 - Seite 8, Zeile 2 * * Seite 9, Zeile 14 - Seite 11, Zeile 9 * * Seite 13, Zeile 20 - Seite 14, Zeile 32 * * Seite 16, Zeile 3 - Seite 17, Zeile 14 * * Seite 18, Zeile 10 - Zeile 19 * * Seite 19, Zeile 30 - Seite 20, Zeile 13 * * Abbildungen 1,3 * -----	1-3 4,7,10
		KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6) F23D11/36 F23D14/46
		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) F23D F23M F23R G10K F16L F23K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	26. April 1999	Coquau, S
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 98 81 1230

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

26-04-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9310401 A	27-05-1993	CZ 9401149 A	17-08-1994
		EP 0611434 A	24-08-1994
		JP 7501137 T	02-02-1995

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82